

## 経穴電気刺激療法を用いた新しい老人性痴呆リハビリ手法の研究

郭 怡・内 山 尚 志・長谷川 明 弘・史 学 敏・福 本 一 朗

# 経穴電気刺激法を用いた老視リハビリシステムの基礎研究

福 本 一 朗\*

A basic study of rehabilitation system for the elders with presbyopia  
by the electrical stimulation on facial acupuncture points

Ichiro FUKUMOTO\*, Prof. MD. Ph.D.

**Abstract :** It is keenly important to provide helping systems for the elder workers in Japan. One of the most difficult problem is that the elders have degraded vision because of the deficit of accommodative power. In this study we try to apply the electrical stimulation on acute points for the elder with presbyopia. In order to access the system, Purkinje-Sanson method and miotic response by light reflex are adopted as well as an ordinary optotype. The result shows that electrical stimulation can cause the improvement of the elder's sight on accommodative power and the speed of light reflex as well as visual power.

**Key words :** presbyopia rehabilitation, electrical stimulation, acupuncture points, Purkinje-Sanson images, miotic light reflex

## 1. はじめに

超高齢化社会を迎えて定年後あるいはリストラ後の高齢者再就労支援技術の需要が高まっている。高齢者の再就労を妨げる大きな要因の一つに視力とくに遠近調節能力の低下があげられる。本研究では我々の研究室で開発した「Purkinje-Sanson法による簡易水晶体厚計測技術」および「対光縮瞳反射法」を評価手段として用いて、経穴電気刺激法による高齢者の老眼リハビリ効果の定量的・客観的評価を行い、視力改善効果を得たので報告する。

## 2. 我が国の遠近調節異常と治療法の現状

我が国の高齢者遠近調節障害の特徴の一つとして、日本人の国民病とされている「学童期からの近視」が基礎疾患として存在する上に、「眼の老化に伴う老視」が付加される場合が多い点が指摘されている。日本の近視人口はFig.1に示すように小学・中学・高校と学年が上がるに従って増加し、平成7年には高校生の過半数61.8%が近視となっている。（厚生省資料等より作図）

近視には先天性のものも存在するがそれは全近視の10%程であると言われており、残りのほとんどは不適切な勉強姿勢・長い勉強時間・明るすぎる照明・画数の多い漢字などの後天的要因によるものとされている。

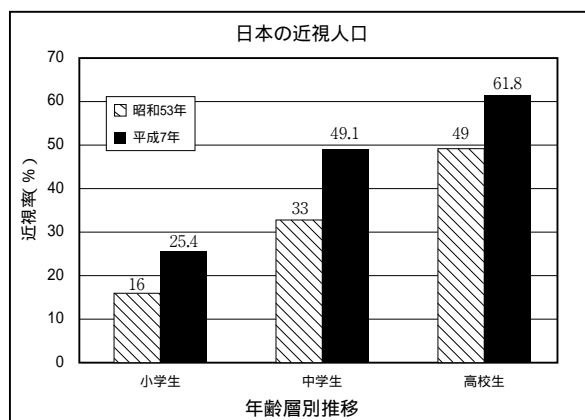


Fig.1 我が国の年齢別近視人口増加状況

また近視にはその発生機序から軸性近視と屈折性近視があり、前者は根治療法がないが、後者には少なくとも発症初期の偽近視pseudomyopiaの段階では治療可能であると考えられている。本来人の眼球の遠近調節機序としては、Fig. 2 に示すように網様体の収縮・弛緩によって水晶体の位置が前方・後方に移動し、水晶体は自らの弾力性のために厚みがそれぞれ増加・減少するため、結果として屈折力が変化することにより行なわれるとされている。学生の偽近視においてはこの「網様体が異常に緊張して弛緩困難」となるために発生すると考えられており、老視は「水晶体の弾力性の喪失」と「網様体筋駆動機構能力の低減」によるものと考えられている。

原稿受付：平成12年5月26日

\*長岡技術科学大学生物系



図 毛様体筋の作用による水晶体の厚みの変化

Fig. 2 網様体による水晶体移動と遠近調節機構

そのため近視治療法に関しては、石原忍東大名誉教授の著書「小眼科学」改訂14版pp54金原出版刊に「我国に多発する学校近視については、調節緊張を緩和することによって、偽近視ならびに屈折性近視を治療することができる。これがためには近業には凹レンズを用いないこと。また場合により逆に凸レンズを用いること。裸眼でまた凸レンズを装用して、望遠練習を行うこと、下記の予防法を励行すること等が有効である<sup>2)</sup>。」と主張されている。また香川県学校保健会資料によると「遠くを見るということは、水晶体の焦点距離を延ばして、遠景を網膜に結像させることであるから、目は近見時の毛様体緊張を解き、水晶体を薄くする作用をしなければならない。こうした視機能の一連の動きは、毛様体筋の疲労を取るとともに、目に遠見性を回復させる働きとなつてあらわれ、近視の予防として役立つものである。毛様体の異常緊張によって、一時的に遠見への回復が困難になっている偽近視者は、遠くの一点を明確にしようとする意志が加わると、より以上に水晶体を薄くすることにより、それが毛様体筋の緊張異常を解く強い作用にまでつながり、回を重ねるによって、次第に遠見の効く正視への回復（矯正）となると考えている。」と述べられている<sup>3)</sup>。上記の思想に基づき巷間では表1に示すような種々の「視力訓練法」が提案・試行されている。

表1. [現行の視力訓練法]

1. 望遠練習法
  2. 水晶体体操法
  3. 凝視トレーニング
  4. コルシニカルトレーニング
  5. アングルビジョントレーニング
  6. 雲霧法トレーニング
  7. ピント合わせトレーニング
  8. スピードアップトレーニング
  9. 特殊眼がね法
  10. コンピュータ・トレーニング—視力向上ソフト
- 「見え太郎」内の「眼の健康体操」「水晶体体操

法」「凝視トレーニング」「スピードアップトレーニング」「弱視トレーニング」

#### 11. 眼の健康体操

またこれらの原理に基づき、Fig. 3に示すような家庭で患者自身で行うことのできる「視力訓練装置」も種々考案されている。しかしその作用機序は解剖生理学的に解明されておらず、被験者により訓練効果の変動が大きいために、一般の眼科医に用いられるまでには至っていない。一方角膜に切れ目を入れることにより湾曲度を減じるRK法などの侵襲的な角膜矯正手術による近視治療法も、なかには劇的な治療効果を得る例がある反面、不成功例や失明などの副作用も予期した以上に多く、まだまだ研究の余地があるといわざるを得ない。

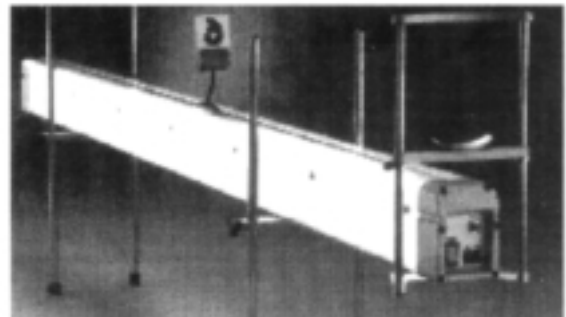


Fig.3 視力訓練装置の一例

老視に関しては、Fig. 4に示すように水晶体の老化に伴い40歳を過ぎる頃から裸眼近点は次第に遠くなってゆき、それと共に眼鏡を用いればピントを合わせられる範囲である矯正遠近調節域も低下してゆく。また網様体筋の働きが低下するために、水晶体厚み変化量である調節力もFig. 5に示すように悪化してゆく。（厚生省資料等より作図）

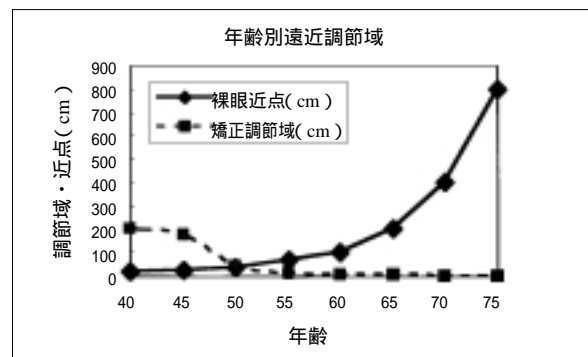


Fig.4 年齢別遠近調節域変化

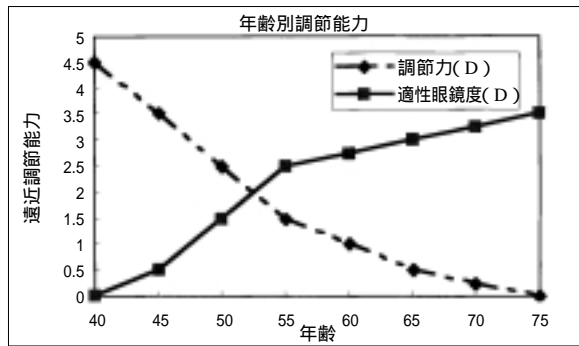


Fig. 5 年齢別遠近調節能力変化

従来、純粋な老視の治療に関しては「眼の老化なのだから仕方がない」と片付けられてしまい、単純に老眼鏡を用いる他は何ら積極的な治療は試みられなかった。確かに老化による水晶体の弾力性低下自体は、原因不明であるので現在の医学では改善困難である。しかし、老視のもう一つの原因である「網様体筋の駆動力低下」の方は、一種の筋力トレーニングにより改善する可能性が残されていると考えられる。前述の視力訓練法のほとんどは、「無意識に生じていた網様体の緊張を解く」ことにより近視改善を期待していると考えられるので、老視リハビリでは逆に「弛緩している網様体を意志により緊張させる」ことが目的とされるであろう。つまり網様体筋の随意制御という考え方によれば、老視と近視は全く同じ原理でリハビリ可能であるといえる。この考えに立ち、我々は「バイオフィードバックを用いた遠近調節異常治療」を試みてきた<sup>4)~9)</sup>。狭義のバイオフィードバック療法とは、「生体センサ・生体情報処理装置・生体情報表示装置を生体の外部に付加することで、生体情報のフィードバック経路を形成して生体自身に自らの情報を帰還せしめることにより、生体自律機能の随意制御を目指す」ものであり、現在では斜頸・書痙・筋緊張性頭痛・自律神経障害などの治療から「波バイオフィードバックを用いたリラクセーション」まで幅広く応用されている。このバイオフィードバック療法による遠近調節治療が可能であることの理論的根拠は、従来から余り研究されていない。ただ外界の認識機序に関してコペルニクス的転回を与えたカントは、その純粋理性批判において「吾人の認識は単なる受容性に止まるものではなく、純粋直観と悟性との範疇こそ却って対象性の根本形式を規定して経験を可能ならしめるもの（広辞苑）」としていることから考えて、物体からの反射光線が単に網膜に投影されるだけでは「物が視えた」という視覚認識は

成立せず、今までの経験から「何が視えるはず」との予想と現実の網膜像が一致した時にはじめて人は「物が視えた」と認識するといえる。このことは認識が完了するまでは、空間分解性に関する「固視微動」と同様に焦点調節にも「網様体筋緊張の固有変動による水晶体厚みの変動」があり、焦点が合った瞬間に「物が視えた」として水晶体厚みの固定が行なわれると考ええると、従来の生理心理学的な知見と合致する。我々の目指してきた遠近調節バイオフィードバック療法は、訓練によりこの「網様体筋緊張度固有変動」の意志による脱抑制を可能にし、固有変動のダイナミックレンジを広げることには等しいのではないかと考えられる。

ただ原理的に可能であることと現実には万人に適用できる治療法となることは必ずしも同じではない。そのことは市販の「視力訓練装置」の効果は決して安定なものではなく、未だに眼科学的遠近調節障害治療法としては認められていないことから容易に推測可能であろう。そこで本研究では、より普遍性の高い客観的遠近調節障害治療法を目指して、東洋医学の経穴（ツボ）の電気刺激による遠近調節能力向上効果を実験によって検証することを目的とした。

### 3. 実験方法

#### 3.1 経穴電気刺激による視力リハビリ

東洋医学における足少陽胆経の起始「瞳子髎（GB 1）」と手少陽三焦経の終点「絲竹空（TE23）」の1点の経穴（ツボ）は、同じく眼の近くに存在している足太陽膀胱経の起点である「清明（BL1）」・「攢竹（BL2）」と共に、古くから眼疾患治療・視力改善に有効であると考えられてきた。（Fig. 6）特に眼の外眼角の外側約5分にある瞳子髎は眼球屈折異常・角膜白斑・角膜炎・視神経萎縮に効果があるとされている。また眉弓外側端の凹陷部にある絲竹空も片頭痛・眼病・顔面神経麻痺に有効と考えられている。さらに清明は結膜炎・涙流過多・近視・遠視・乱視・視神経炎・網膜炎・視神経萎縮・白内障に、また攢竹は頭痛・充血・かすみ眼・角膜白斑などの治療点として認められている<sup>1)</sup>。ここで手少陽三焦経（Triple Energizer Meridian: TE）とは手の薬指尺側にある関衝（TE 1）から発して肘・肩・耳周囲を経て眉毛外側の絲竹空（TE23）に終わる経絡であり、足少陽胆経（Gallbladder Meridian: GB）とは外眼角点と頬骨前頭突起外縁にある瞳子髎（GB 1）から発して頬・肩井（GB21）・腋窩・脇腹・大腿外側・足背を経て足第4指にある足竅陰（GB44）に終わ

る経絡であるとされている。人口12億人の中国の伝統医学においては、この両経絡に手太陰肺経（LU）・手陽明大腸経（L）・足陽明胃経（ST）・足太陰脾経（SP）・手少陰心経（HT）・手太陽小腸経（SI）・足太陽膀胱経（BL）・足少陰腎経（KI）・手厥陰心包経（PC）・足厥陰肝経（LR）・督脈（GV）・任脈（CV）を加えた十四経絡上にある361の経穴に鍼灸・温灸あるいは電気刺激を加えることにより内科・外科・婦人科のみならず眼科・耳鼻咽喉科・皮膚科系疾患などほとんど総ての疾患の治療を行っていることは広く知られている<sup>1)</sup>。

ここではFig. 7 に示す市販のツボ電気刺激装置Optmaxを上記の「瞳子髎（GB 1）」と「絲竹空（TE23）」2点のツボに適用し、毎回通電電流量を痛覚閾値下限に設定した。視力改善訓練として、ほぼ1カ月の間土日を除く平日に毎日正午から20分間安楽椅子に横たわって閉眼状態でツボ電気刺激を行った。その後ランドルト環視力表による視力検査、対光縮瞳反射計測、P-S法による水晶体厚み計測を毎回行った。なお視力検査としては、両眼視のもとで被験者自ら一人でランドルト環を見て視力を決定する「自験式視力検査」と、試験者に検査を依頼した「他験式視力検査」の双方を行った。

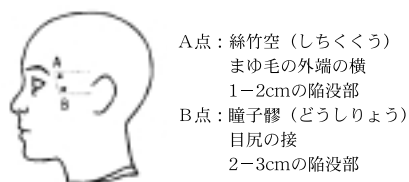


Fig. 6 視力改善に有効なツボの位置



Fig. 7 ツボ電気刺激装置Optmaxの概観

### 3.2 PS像による水晶体厚み簡易計測

被験者の眼前に蠟燭を置くとその瞳孔にはFig. 8 に示すようなPurkinje-Sanson像（PS像）と呼ばれる三つ

の像が認められる。第1PS像は角膜表面より反射される角膜像（正立虚像PS1）、第2PS像は角膜後面より反射される角膜像（正立虚像PS2）、第3PS像は水晶体前面からの反射像（正立虚像PS3）、第4PS像は水晶体後面からの反射像（正立実像PS4）である。

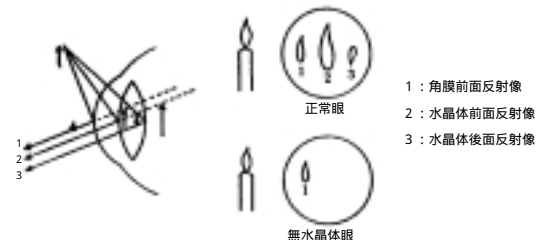


図 Purkinje-Sanson像

Fig. 8 Purkinje-Sanson像の反射点と結像する像の関係

この4つの像のうち遠近調節による水晶体厚み変化に際して理論的に変化するのはPS3およびPS4のみである。またPS2像は暗くて観察が困難であり、また角膜表面（PS1）と水晶体の後面（PS4）は遠近調節に際してほとんど移動しないため、実際上は水晶体前面からの反射像であるPS3が水晶体厚みを示す唯一のパラメータとなる。本研究では蛍光灯で背部から照明された指標を移動しながら被験者に注視させたときの、PS1とPS3との間の距離（PS1-PS3）を計測し、水晶体の厚みを示すパラメータとして採用した。（Fig. 9）

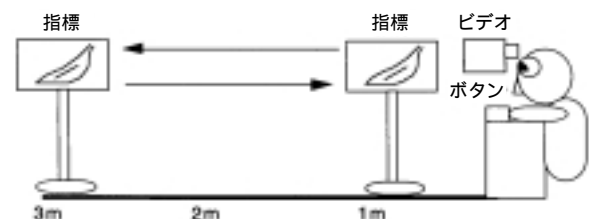


Fig. 9 遠近調節に伴うPS像計測実験

### 3.3 対光縮瞳反射法による光応答性の計測

痴呆客観的診断法としてScinto等は散瞳剤点眼時の反応過敏性を利用した方法を提案しているが、薬剤の副作用のため適応困難な患者があり、また散瞳反応を利用しているために測定に30分以上の時間が必要という欠点を有している。我々の研究室では痴呆の客観的診断法として、「無害な可視光に対する迅速な縮瞳反応」を散瞳剤を用いずに計測することで、Scinto等の欠点を改善し、簡易・迅速な客観的痴呆診断方法を開発している<sup>10)~13)</sup>。ところで今までの実験結果から本法によ

ると無侵襲でAChやAdrenalin等脳内伝達物質代謝系の活動度が計測可能であると期待されている。今回の老眼リハビリ実験においても、訓練が進行するに伴い脳内伝達物質系の変化が生じると考えられるが、本仮説を検証するために、この対光縮瞳反射法による計測をも同時に実施した。瞳孔刺激光源としては無害な低照度可視光源を利用し、対光縮瞳反応を赤外線ビデオカメラを用いて計測した。被験者は室内光順応後5秒間撮影 可視光5秒照射下撮影 光源OFF後5秒間撮影の計15秒間の画像を2回ずつ撮影された。その後瞳孔画像をパソコンに入力し用手的に瞳孔径時間的变化を計測後、縮瞳率・縮瞳時間・散瞳率を算出した。なお被験者は50歳男性(-3.8D仮性近視+老視初期) コントロールとして健常な22歳女性各1名ずつであった。

#### 4. 実験結果

指標を被験者の眼前25cmから300cmまで遠ざけた後に、再度25cmまで近付けた時のPS3の移動距離(PS1-PS3)の計測結果の一例をFig.10に示す。Fig.10を見ると、指標が離れるに従って水晶体が薄くなり、(PS1-PS3)間距離が増大してゆき、指標が近づくと減少してゆくので、(PS1-PS3)間距離は指標の距離を強いては遠近調節を行っている水晶体の厚みを示していることがわかる。

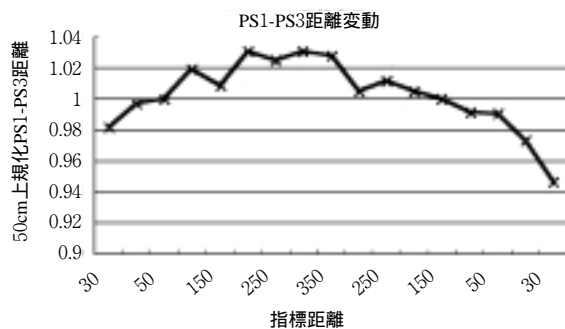


Fig.10 指標距離に対するPS1-PS3像間距離変化

次に老視で特に問題となる近距離視力を知るために、同じ被験者においてPS法により求めた水晶体厚みと1mまでの指標距離の相関係数を実験週毎に比較したグラフをFig.11に示す。これによると電気刺激を継続していた期間中には、実験開始直後に比して顕著な遠近調節能改善が見られていることが容易にわかる。

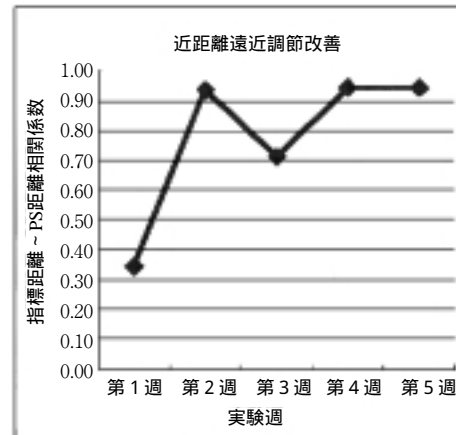


Fig.11 近距離遠近調節能の変化

次に対光縮瞳反応計測結果の一例として、縮瞳時間の変化をFig.12に示す。コントロールには有為な変化は見られなかったが、被験者には実験初期の5日間に比して実験最後の5日間には縮瞳時間が顕著に改善されていることがわかる。(p<0.05) その他、ここには示さないが最大縮瞳率や5秒散瞳率にも被験者により改善の傾向が観察されている。脳内には幾種類もの伝達物質が存在しているが、その内アセチルコリンの活動度低下は海馬・大脳皮質系では痴呆の発生を、また動眼神経核を介した縮瞳反射系では反応速度の低下を引き起こすと考えられている。これらのことから経穴電気刺激には脳内伝達物質系の活動度を全般的に増進する働きがあると考えられる。

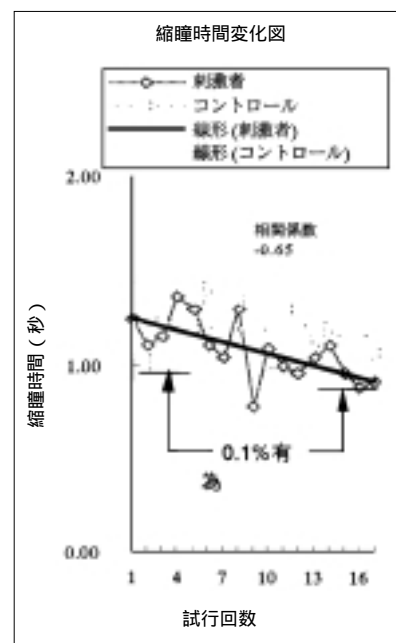


Fig.12 縮瞳時間の変化

最後にランドルト環視力表による他験的視力の変化をFig.13に示す。これによるとコントロールでは変化は全く見られなかったが、経穴電気刺激を受けた被験者では実験初期と比較して実験後期には顕著な視力改善が見られている。 $(p<0.05)$

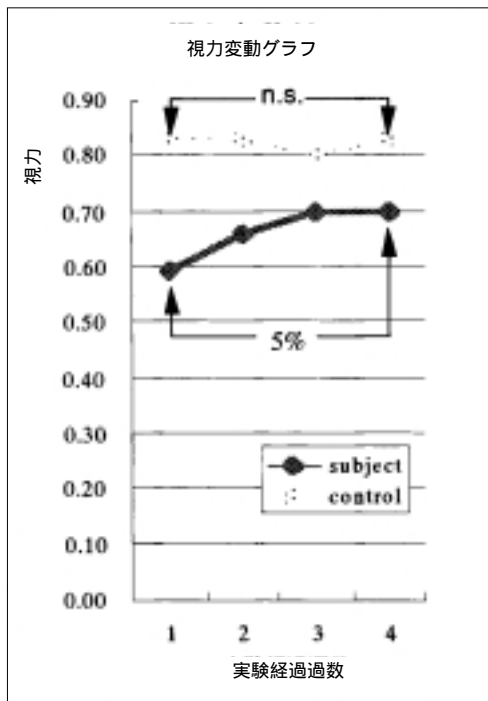


Fig.13 ランドルト環視力表による視力変化

しかし被験者自らがランドルト環で視力検査を行った自験的視覚においては、コントロールも経穴刺激被験者も実験前後で、視力の変化は全く見られなかった。

## 5. 結論と考察

経穴電気刺激による老視改善効果を、PS法・対光縮瞳反射法・ランドルト環視力表を用いて確認した。その結果、1カ月間経穴電気刺激を受けた被験者はコントロールに比して水晶体調節能・縮瞳速度・他験的視力いずれにおいても有為な改善を見た。このことから今回試みた経穴電気刺激法は老視高齢者就労支援手法として有効であろうと結論された。ただ今回の実験で用いた被験者は僅か2名であり、また他験的には視力改善は見られたものの、自験的には全く改善感が得られなかったことは将来の問題として残されている。今後は被験者数を増やすとともに、近視・乱視・遠視・痴呆患者など様々な状態の調節能力傷害について本手法を適応してみたいと考えている<sup>14)~15)</sup>。

## 6. 謝辞

忙しい中被験者として協力いただいた卒論生の土田泰子さん、PS像計測を実施してくれた卒論生の宮川知隆君、対光縮瞳反射計測を行ってくれた修士1年生の郭怡さんに感謝します。

## 7. 参考文献

- 1) 中国人民衛生出版社編「鍼灸穴位掛図」(1970年)
- 2) 石原忍東大名誉教授著「小眼科学」改訂14版pp54、金原出版刊
- 3) 香川県学校保健会編「近視予防の手引き」pp59
- 4) 福本一朗;大須賀美恵子:「Purkinje-Sanson 像を用いた水晶体厚簡易計測法の試み」、1994年度日本人間工学会第24回関東支部大会講演集2A04[120-121], (1994.12)
- 5) 福本一朗:「Purkinje-Sanson像を用いた水晶体厚み計測法の基礎研究」, 医用電子と生体工学、医用電子と生体工学第33巻特別号[455], (1995.5)
- 6) 小野寺一、高橋直之、福本一朗:「Purkinje-Sanson像を用いた水晶体厚み計測法の基礎研究」, 信学技法MBE95-81, pp.41-46 (1995)
- 7) 小野寺一、高根優子、福本一朗:「Purkinje-Sanson法を用いた水晶体厚み変化量計測」, 信学技法MBE96-60-80, pp33-40 (1996)
- 8) 高根優子・福本一朗:「バイオフィードバック手法による仮性近視自己治療訓練システムの実験的研究」, 医用電子と生体工学、第36巻特別号、pp474, (1998.5)
- 9) 福本一朗・高根優子・内山尚志:「遠近調節能簡易診断システム開発を目指したP-S像結像状態の理論的研究」, 人間工学、第34巻特別号、pp266-267, (1998.5)
- 10) 福本一朗:「瞳孔対光反射を用いた痴呆重症度客観的診断法の基礎研究」, 日本老年医学会雑誌学術集抄録集, Vol.36suppl. pp98, (1999.5)
- 11) Xuemin Shi, Hisashi Utiyama & Ichiro Fukumoto: "A study for diagnose dementia using miosis by light-reflex", Internatioanl Symposium on Dementia -- from molecular biology to therapeutics, pp46, Kobe, (1999.9.11-13)
- 12) Ichiro Fukumoto: "Computer simulation of Purkinje-Sanson Images for the Biofeedback therapy of myopia", Proceeding of TENCON 99, pp1166-1169, Cheju-do, KOREA, (1999.9.15-17)
- 13) 史学敏・小川水月・内山尚志・福本一朗:「DHA入り豆乳の高次精神機能改善効果の多面的評価の可能性について」, 長岡技術科学大学研究報告第21号, pp131-140, (2000.3)
- 14) 郭怡・内山尚志・福本一朗:「電気神経刺激を用いた老人性痴呆のリハビリテーション装置の基礎研究」, 医用電子と生体工学、第38巻特別号, (2000.5)(印刷中)
- 15) 史学敏・内山尚志・福本一朗:「対光縮瞳反射パラメータをBF情報とした痴呆のリハビリ可能性に関する実験的検討」, バイオフィードバック研究、Vol.26, (2000.6)(印刷中)